Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 15, No. 1, Apr. May. 2019, p.77- 89

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 15، شماره 1، فروردین -اردیبهشت 1398 ص. 89-77

بررسی اثر پوشش خوراکی و شرایط خشک کردن بر ویژگی‌های کیفی انجیر خشک

پیوند قلی‌پور شهرکی[1]- محمد فاضل[2*]

تاریخ دریافت: 1396/08/30
تاریخ پذیرش: 1397/05/22

چکیده

خشک کردن محصولات کشاورزی همواره یکی از قدیمی‌ترین و بهترین روش‌های ذخیره مواد غذایی است. برای بالا بردن کیفیت انجیر، باید فرایند خشک کردن بهینه‌سازی شود. پوشش‌های خوراکی به‌منظور افزایش کیفیت مواد غذایی، مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این تحقیق اثر پارامترهای دما، سرعت جریان هوا و روش پوشش‌دهی محصول بر کیفیت خشک شدن انجیر رقم سبز با استفاده از دستگاه خشک‌کن کابینتی مورد بررسی قرار گرفت. متغیرها شامل 3 سطح پوشش (آب مقطر به‌عنوان شاهد بدون پوشش، محلول کربوکسی‌متیل سلولز (CMC) 1% حاوی 0/25 گرم بر لیتر گلیسرول، محلول CMC 1% حاوی 0/25 گرم بر لیتر گلیسرول و 2% اسید آسکوربیک)، 3 سطح دمای خشک کردن (60، 70 و 80 درجه سانتی‌گراد) و 3 سطح سرعت جریان هوای خشک (0/5، 1 و 1/5 متر بر ثانیه) بود. نتایج به‌دست آمده نشان داد که روش پوشش‌دهی، سرعت جریان هوا و دما چروکیدگی، جذب مجدد آب، سفتی، pH، آنتی‌اکسیدان، فلاونوئید و شاخصه‌های رنگی را تحت تاثیر قرار دادند. میزان چروکیدگی با استفاده از پوشش CMC 4/08% افزایش یافت ولی میزان جذب مجدد آب به پوشش‌دهی بستگی نداشت. چروکیدگی در سرعت جریان 1 متر بر ثانیه 2/92٪ افزایش پیدا کرد. نتایج حاصله نشان داد که با افزایش دما و سرعت جریان هوا جذب مجدد آب کاهش یافت. به‌طوری که در دمای 70 و 80 درجه سانتی‌گراد جذب مجدد آب به‌ترتیب 3/89٪ و 7/77٪ شد و با افزایش سرعت جریان هوا 2/45٪ کاهش یافت. با افزایش درجه حرارت خشک کردن به 70 و 80 درجه سانتی‌گراد، سفتی 2/15 و 5/30 نیوتون افزایش پیدا کرد. pH در نمونه‌های پوشش داده شده با CMC و CMC-اسید آسکوربیک کاهش یافت. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در پوشش CMC- اسید آسکوربیک بالاتر از شاهد و پوشش CMC بود. میزان فلاونوئید در پوشش CMC- اسید آسکوربیک بیش‌تر از نمونه شاهد و نمونه شاهد بیش‌تر از نمونه با پوشش CMC مشاهده شد. استفاده از پوشش CMC و CMC- اسید آسکوربیک به‌ترتیب به میزان 2/61٪ و 1/98٪ با افزایش روشنایی همراه بود. با افزایش سرعت جریان هوا به 1 و 1/5 متر بر ثانیه میزان روشنایی نمونه‌ها 3/008٪ و 11/42٪ افزایش یافت. افزایش دما کاهش میزان L* را موجب شد. پوشش ترکیبی CMC- اسید آسکوربیک باعث افزایش a* به میزان 1/44% گردید. همچنین مشاهده شد، میزان b* در نمونه CMC-اسید آسکوربیک(0/20٪) و CMC (0/05%) نسبت به نمونه شاهد بیش‌تر بوده است. افزایش سرعت جریان هوا و دما با b* رابطه مستقیمی داشت. به‌طوری که b* در سرعت جریان هوا 1 و 1/5 متر بر ثانیه 0/48٪ و 1/41٪ و در دمای 70 و 80 درجه سانتی‌گراد 2/41٪ و 3/83٪ شد.

واژه‌های کلیدی: انجیر، پوشش خوراکی، کربوکسی‌متیل‌سلولز، خشک کردن

مقدمه

انجیر با نام علمی *Ficus carica* یکی از قدیمی‌ترین میوه‌های شناخته شده برای بشر است. میوه انجیر به هر دو صورت تازه یا خشک مصرف می‌شود. بخش عمده‌ای از میوه (حدود 80 درصد) به‌صورت خشک مورد مصرف قرار می‌گیرد. انجیر خشک شده در اختلالات مختلف دستگاه تنفسی، دستگاه گوارش، اختلالات قلبی و عروقی و سرطان‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد (Trichopoulou *et al*., 2006). خشک کردن محصولات کشاورزی همواره یکی از قدیمی‌ترین و بهترین روش‌های ذخیره مواد غذایی بوده است (Yaldiz *et al*., 2001). در انتخاب روش خشک کردن بایستی به کیفیت محصول بعد از خشک کردن توجه شود و در هنگام خشک کردن مدت زمان خشک کردن به‌وسیله دستگاه خشک‌کن به دقت مورد توجه واقع شود تا به کیفیت محصول لطمه‌ای وارد نگردد. خشک کردن به‌عنوان یک فرایند حرارتی تحت شرایط کنترل شده برای کاهش رطوبت موجود در مواد غذایی به روش تبخیر تعریف می‌شود و باعث کاهش فعالیت آبی و در نتیجه کاهش رشد میکروارگانیسم‌ها و افزایش ماندگاری مواد غذایی می‌گردد (Pala., 2002 ,Doymaz). ترکیبات مختلفی با عنوان پوشش‌های خوراکی به‌کار می‌روند که معمولاً اساس آن‌ها پروتئین، لیپید یا پلی‌ساکارید است (Bai, 2003).

1 و 2- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران
(* - نویسنده مسئول: Email: mfazeln@yahoo.com)
DOI: 10.22067/ifstrj.v0i0.68897

پوشش‌های خوراکی با ایجاد مانع فیزیکی نیمه‌تراوا بر روی سطح میوه، موجب کاهش نفوذپذیری به اکسیژن، دی اکسیدکربن، بخار آب، کاهش انتقال رطوبت و املاح شده، همچنین اتمسفر اصلاح شده‌ای تولید می‌کند که موجب کاهش سرعت تنفس و کاهش سرعت واکنش اکسیداسیون می‌شود؛ در نتیجه در به حداقل رساندن تغییرات نامطلوب در طی انبارمانی نقش دارد. فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی به‌منظور افزایش کیفیت مواد غذایی، مورد استفاده قرار می‌گیرند و می‌توانند از اکسیداسیون و تغییرات رنگی در شرایط نامناسب جلوگیری کنند (Carneiro *et al*., 2009). همچنین از کاهش حجم و به دنبال آن افزایش چگالی ظاهری جلوگیری کرده و باعث بهبود ویژگی‌های فیزیکی مواد غذایی طی مدت زمان نگهداری شوند (Mellema, 2003). در این راستا، کربوکسی‌متیل سلولز (CMC) به‌طور وسیعی برای افزایش عمر انبارداری مواد غذایی مورد استفاده قرار گرفته است. در سیستم غذایی اسید آسکوربیک به‌عنوان تشدیدکننده‌های آنتی‌اکسیدان‌ها شناخته شده است که به‌طور گسترده‌ای در گیاهان وجود دارد. اسید آسکوربیک رادیکال‌ها آزاد را به‌خوبی به دام می‌اندازد و در نتیجه این ترکیب به‌منظور فساد اکسیداتیو به مواد غذایی اضافه می‌شود. اسید آسکوربیک یک آنتی‌اکسیدان موثر در برابر رادیکال‌های سوپراکسید و هیدروکسیل می‌باشد. البته این ترکیبات با سایر گونه‌های رادیکالی هم به‌طور موثری واکنش می‌دهد (مختاری، 1390). Doymaz (2004) نشان داد که استفاده از اتیل‌اولئات و متابی‌سولفیت پتاسیم در زمان خشک کردن زردآلو موثر می‌باشد. Sacilik و Elicin (2006) نیز تأثیر دمای هوا و ضخامت نمونه‌های سیب را بر تغییرات رنگی آن‌ها حین فرایند خشک شدن مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل از این پژوهش، بیانگر افزایش سرعت تغییر در رنگ محصول با افزایش دمای هوا بود؛ در حالی که ضخامت نمونه سیب اثری بر روی میزان تغییرات رنگی آن‌ها نداشت. در مطالعه‌ای دیگر Baini و Langrish (2009) به بررسی اثر دمای خشک کردن، رطوبت نسبی و میزان قهوه‌ای شدن (BI[1]) نمونه‌های موز بر روی تغییرات رنگی آن پرداختند. نتایج حاصله نشان داد میزان رسیدگی با افزایش دما و کاهش رطوبت نسبی هوا افزایش و با افزایش زمان خشک شدن و کاهش محتوای رطوبت حین خشک شدن کاهش می‌یابد. در این پژوهش، سرعت جریان هوا اثری بر تغییر پارامترهای رنگی نداشت و میزان قهوه‌ای شدن در موزهای رسیده بیش‌تر از موزهای نارس بود. Cárcel و García-Pérez (2010) به بررسی اثر پیش تیمار اسید سیتریک و دمای نگهداری بر روی تغییرات رنگی خرمالوی خشک شده پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که پیش تیمار اسید سیتریک و دمای پایین انبارداری می‌تواند باعث کاهش تغییر پارامترهای رنگی خرمالوی خشک شده شود. پوشش کربوکسی متیل سلولز به تنهایی و در ترکیب با اشعه گاما برای حفظ کیفیت ذخیره‌سازی و گسترش ماندگاری آلو مورد آزمایش قرار دادند (Hussain *et al*., 2015). همه تیمارهای ترکیبی پوشش CMC و تابش در حفظ کیفیت ذخیره‌سازی و همچنین به تأخیر انداختن زوال آلو در طول ذخیره‌سازی در یخچال در 2±25 درجه سانتیگراد، RH (رطوبت نسبی) 70% مفید هستند. یافته‌های پژوهش Sogvar و Koushesh Saba (2016) نشان داد که ترکیبی از کربوکسی متیل سلولز و اسید آسکوربیک دارای یک اثر هم‌افزایی یا سینرژیک برای کنترل قهوه‌ای شدن سطح سیب تازه برش خورده در طول ذخیره‌سازی می‌باشد. یافته‌ها نشان داد که استفاده ترکیبی از CMC و اسید آسکوربیک ممکن است برای حفظ کیفیت و کاهش قهوه‌ای شدن سطحی سیب‌های تازه برش خورده بدون قهوه‌ای شدن مفید باشد و موجب افزایش طول عمرشان پس از برداشت شود. انجیر محصولی تابستانی است که در تمام فصول سال و در تمام شهرهای ایران وجود ندارد. این محصول سرشار از مواد مغذی است که خشک کردن آن می‌تواند نگهداری آن را در مدت زمان طولانی‌تری موجب گردد. در خشک کردن به روش سنتی مشکلات زیادی از جمله آلودگی، کاهش کیفیت و نامرغوبیت محصول ایجاد می‌شود. شرایط عملیات فراوری می‌تواند در خصوصیات بهداشتی و کیفی محصول نهایی مؤثر باشد. استفاده از روش‌های مناسب خشک کردن و بهره بردن از فناوری‌های جدید می‌تواند محصولی با کیفیت بالا تولید کند. بهترین روش خشک کردن استفاده از خشک‌کن‌هایی است که طراحی و بهینه‌سازی شده باشند؛ همچنین استفاده از پیش تیمارهایی مانند پوشش خوراکی می‌تواند خشک کردن را بهبود بخشد. ایران از جمله کشورهای تولیدکننده و صادرکننده انجیر از جمله انجیر استهبان است. به‌طوری که در سال 1394 میزان صادرات آن 6967232 تن؛ برابر با 8005 میلیون تومان بوده است (مقررات صادرات و واردات و آیین‌نامه اجرایی آن، 1394). در این تحقیق برای انجیرها، از پوشش خوراکی کربوکسی متیل سلولز به تنهایی و ترکیب با اسید آسکوربیک استفاده شد. کربوکسی متیل سلولز یک نوع پوشش خوراکی است که در تحقیقات انجام شده موجب بهبود رنگ، طعم، شکل ظاهری و پذیرش کلی محصول، ماندگاری و حفظ کیفیت شده است. این پوشش بی‌خطر و مقاوم به حرارت است. دما و سرعت جریان هوا نیز از عوامل موثر در خشک کردن هستند. بررسی مناسب‌ترین شرایط خشک کردن از لحاظ دما و سرعت جریان هوا و یافتن مناسب‌ترین پوشش از لحاظ کیفیت محصول نهایی برای خشک کردن انجیر رقم سبز از اهداف پژوهش حاضر بوده است. همچنین به اثر پوشش‌دهی و شرایط خشک کردن از نظر دما و سرعت جریان هوا بر کیفیت محصول نهایی در فرایند خشک کردن پرداخته شد.

1 Browning Index

مواد و روش‌ها

برای انجام تحقیق حاضر از میوه انجیر خوراکی و تازه، واریته سبز کشت شده در انجیرستان شهرستان نی‌ریز استهبان استفاده شد. به‌منظور یکنواختی در اندازه و ویژگی‌های فیزیکی پس از جمع‌آوری میوه‌های معیوب و خراب برای جلوگیری از آلودگی توسط باکتری‌ها یا قارچ‌ها به دور انداخته و میوه‌های سالم در دمای 5+ درجه سانتی‌گراد تا زمان اجرای مراحل مختلف به‌منظور حذف حرارت اولیه و ایجاد یکنواختی ذخیره شدند.

پوشش‌دهی نمونه‌های انجیر

این میوه‌ها به آرامی با محلول 200 ppm هیپو کلریت‌سدیم با دمای 3 درجه سانتی‌گراد برای 1 دقیقه شسته و به‌طور طبیعی خشک شدند (Sogvar., 2016 و Koushesh). محلول‌های پوشش با انحلال پودر1% (W/V) CMC در آب مقطر تهیه و در 85 درجه سانتی‌گراد به مدت 30 دقیقه گرم شدند و به آن 25% مقدار CMC (25 gr/L) گلیسرول به عنوان نرم‌کننده اضافه شد؛ سپس میوه‌ها در آب مقطر به عنوان شاهد بدون پوشش، محلول CMC 1% حاوی 25 gr/L گلیسرول و محلول CMC 1% حاوی 25 gr/L گلیسرول و 2% اسید آسکوربیک برای 4 دقیقه غوطه ور شدند (Sogvar., 2016و Koushesh Saba). پس از اتمام پوشش‌دهی، نمونه‌ها خارج و اجازه داده شد به طور کامل روی سطح خشک در 2±25 درجه سانتی‌گراد به مدت 3 ساعت قرار گیرند. سپس آزمون‌های مقدماتی شامل اندازه‌گیری pH، غلظت کلی فلاونوئیدها، فعالیت آنتی‌اکسیدان روی انجیر انجام شد.

اندازه‌گیری pH

pH عصاره میوه با استفاده از یک دستگاه pHمتر (CP501، Elmetron، لهستان) دردمای 23/8 اندازه‌گیری شد (Sogvar., 2016 و Koushesh).

اندازه‌گیری غلظت کلی فلاونوئیدها [1]

برای این کار ابتدا 5 گرم انجیر آسیاب شده برداشته و به آن 50 میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد. سپس این مخلوط همگن و صاف گردید. محلول صاف شده را سانتریفوژ کرده تا عصاره شفافی تولید شود. سپس عدد جذب آن در دستگاه اسپکتروفوتومتر (Unico،2100، انگلستان) در طول موج 374 نانومتر خوانده شد (Pedro *et al.*, 2016).

1 Total flavonoids (TF)

اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی DPPH[2]

3/9 میلی‌لیتر محلول DPPH با غلظت 40 ppm با 0/1 میلی‌لیتر از نمونه رقیق شده مخلوط و عدد جذب پس از 30 دقیقه با دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج 517 نانومتر قرائت گردید. برای ساخت نمونه رقیق شده هم وزن نمونه انجیر آب مقطر اضافه ولی در نمونه شاهد از نسبت 6 به 4 متانول و آب مقطر استفاده شد. فعالیت آنتی-اکسیدانی (TTA%)[3] با استفاده از رابطه (1) محاسبه شد (Sogvar., 2016 و Koushesh).

$$TAA(\%) = \frac{Abs_{sample} - Abs_{control}}{Abs_{sample}} \times 100 \quad (1)$$

Abs_{sample} عدد جذب نمونه و $Abs_{control}$ عدد جذب ماده کنترل هستند.

خشک کردن نمونه‌ها

خشک کردن انجیرها در دستگاه خشک‌کن کابینتی طراحی شده توسط همین محققین انجام گرفت. این خشک‌کن مجهز به 2 عدد المنت پره‌ای 1000 V.A، دیمر صنعتی 5000 V.A و ترموستات دیجیتالی است. سرعت جریان هوای داخل خشک‌کن به‌ترتیب 0/5، 1 و 1/5 متر بر ثانیه بود که با استفاده از یک فلومتر (جریان سنج) (LV120-LV130، Kimo، فرانسه) اندازه‌گیری شد. دمای آن به‌ترتیب 60، 70 و 80 درجه سانتی‌گراد تنظیم و تثبیت شد. در فواصل منظم، وزن هر انجیر خشک شده به‌صورت دستی و جداگانه اندازه‌گیری و از دست دادن آب آن‌ها ثبت شد. انجیرها به‌صورت 5 تایی از یک پوشش در یک دما و یک سرعت جریان هوا قرار داشتند و برای خشک کردن روی سینی دستگاه چیده شدند. وزن هر تیمار که شامل 5 عدد انجیر بود 2/4 ±33/4 گرم توزین گردید. عمل خشک کردن نمونه‌های انجیر، تا ثابت شدن وزن نمونه در خشک‌کن فوق ادامه یافت. پس از خشک کردن نمونه‌های انجیر آزمون‌های نهایی انجام گرفت.

آزمون بافت

سفتی میوه با استفاده از دستگاه ارزیابی بافت (STM20، Santam، ایران) و پروب با قطر 4 میلی‌متر که با سرعت 60 میلی‌متر بر دقیقه تا عمق 50% نفوذ می‌کند ارزیابی گردید. بیش‌ترین نیروی لازم برای سوراخ کردن برحسب نیوتون به‌عنوان سفتی گزارش گردید (Sogvar., 2016 و koushesh).

2 2,2-Diphenyl-1-picryl-hidrazil
3 Total Antioxidant Activity

میزان جذب مجدد آب

میزان جذب مجدد آب از طریق اندازه‌گیری افزایش وزن انجام شد (غلامی پرشکوهی و همکاران، 1389).

وزن اولیه هر نمونه‌ها با دقت 0/01± گرم گزارش گردید. میوه‌ها به‌وسیله پنس در فواصل زمانی 15 دقیقه، از آب بیرون آورده شد و به‌طوری که تنها آب سطحی نمونه‌ها جذب دستمال شود به آرامی روی دستمال کاغذی خشک قرار گرفت. این عمل تا زمانی که اختلاف دو توزین متوالی کم‌تر از 0/01± شود، ادامه یافت. درصد جذب آزمونه از رابطه (2) محاسبه گردید:

$$\text{درصد جذب مجدد آب} = \frac{W_2-W1}{W_1} \times 100 \qquad (2)$$

w_1 نشان‌دهنده وزن آزمونه قبل از آزمون و w_2 وزن آزمونه بعد از رسیدن به وزن ثابت است.

اندازه‌گیری حجم و چروکیدگی

اندازه‌گیری حجم با استفاده از حجم معینی از ارزن تعیین گردید. چروکیدگی از رابطه (3) محاسبه شد (غلامی پرشکوهی و همکاران، 1389).

$$\text{چروکیدگی} = \frac{V_2-V_1}{V_1} \times 100 \qquad (3)$$

که در آن به V_1 و V_2 به‌ترتیب بیان‌کننده حجم اولیه محصول قبل از خشک کردن و حجم نهایی محصول بعد از خشک کردن هستند.

رنگ

برای استخراج مولفه‌های رنگی از تکنیک پردازش تصویر استفاده شد (ایوبی و همکاران، 1393). بدین منظور، نمونه‌ها در محفظه‌ای به رنگ سفید با اندازه ابعاد 0/2 (عرض)× 0/7 (طول)× 0/2 (ارتفاع) مترمکعب قرار گرفتند که برای نورپردازی فضا در آن از دو لامپ فلوئورسنت (6500K 10 W) به طول 40 سانتی‌متر استفاده شده بود. تصویرگیری با استفاده از دوربین (سامسونگ، نوت 4، کره) انجام گرفت که از طریق پورت Usb به رایانه متصل بود. دوربین در فاصله 20 سانتی‌متری نمونه‌ها و موازی با آن‌ها بر روی پایه ثابت بود و جهت تصویرگیری از نرم‌افزار زوم براوسر Ex 5/0 استفاده شد. برای تعیین پارامترهای رنگی، پس از به‌دست آوردن تصاویر با اندازه پیکسل و رزولوشن و فرمت JPEG و در فضای رنگی RGB، تصاویر گرفته شده به‌وسیله نرم‌افزار Image j به قرمزی (a*)، زردی (b*) و روشنایی (L*) تبدیل شدند. همه داده با استفاده از یک رایانه گرفته شده به‌وسیله نرم‌افزار Image j به تصاویر a* وb* وL* تبدیل شدند. برای بررسی میزان تغییرات ایجاد شده در ویژگی‌های رنگی ماده غذایی طی فرایند خشک شدن، از اصطلاح پارامترها یا شاخص‌های رنگی استفاده می‌شود. این پارامترها شامل میزان روشنایی یا L* از رنگ سیاه (صفر) تا سفید (100)، میزان قرمزی یا a* از سبز (مقادیر منفی) تا قرمز (مقادیر مثبت) و میزان زردی یا b* از آبی (مقادیر منفی) تا زرد (مقادیر مثبت) می‌باشند (طهماسبی‌پور و همکاران، 1392).

همه داده با استفاده از یک رایانه شخصی جمع‌آوری شده و سپس در فواصل زمانی ثابت ثبت شدند. تمامی آزمایشات در 3 تکرار انجام شد. برای تجزیه و تحلیل آماری از طرح آماری کاملا تصادفی در قالب آزمون فاکتوریل و برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون دانکن در سطح 5% و با استفاده از نرم‌افزار SPSS 16 انجام شد.

نتایج و بحث

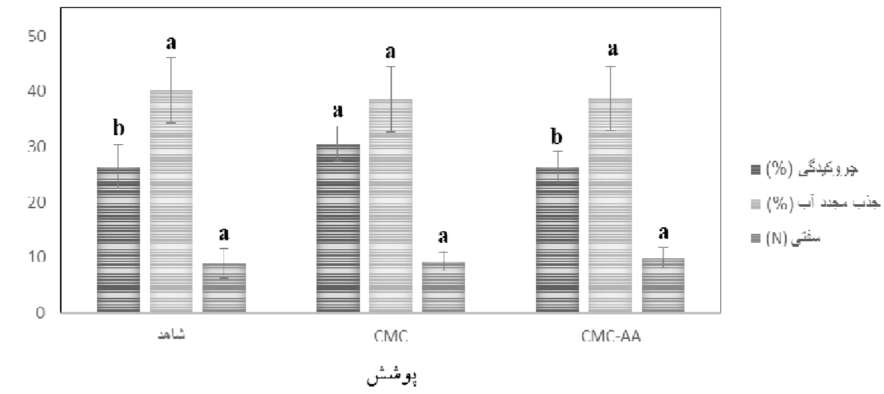
چروکیدگی

از تجزیه و تحلیل داده‌های به‌دست آمده نتیجه‌گیری شد که سرعت جابه‌جایی هوا و پوشش‌دهی محصول اثرات معنی‌داری بر چروکیدگی در سطح 1% داشت و تغییرات دما اثر معنی‌داری بر روی این پارامتر نداشت. همچنین فقط اثر متقابل بین متغیرهای دما و سرعت جابه‌جایی هوا بر روی چروکیدگی در سطح 1% معنی‌دار بود. میزان چروکیدگی با استفاده از پوشش CMC نسبت به نمونه شاهد افزایش ولی با استفاده از پوشش ترکیبی CMC- اسید آسکوربیک نسبت به نمونه شاهد تفاوتی مشاهده نشد (شکل 1). علت آن را می‌توان افزایش سرعت خشک شدن سطح رویی میوه با استفاده از پوشش CMC دانست؛ که در آن ایجاد چروکیدگی بیش‌تری کرد. با افزایش سرعت جریان هوا از 0/5 به 1 m/s میزان چروکیدگی افزایش و افزایش بیش‌تر تا 1/5 m/s باعث کاهش چروکیدگی شد (شکل 2). چون با افزایش سرعت جریان هوا نمونه زمان کوتاه‌تری را سپری کرد و آسیب کم‌تری به انجیرها رسد (سلمانی‌فرد، 1388). در سرعت جریان 1/5 متر بر ثانیه شاهد آسیب کم‌تری به انجیرها بوده‌ایم که دلیلش را می‌توان تغییرات بیشتر سرعت جریان هوا دانست. این نتایج با نتایج سلمانی‌فرد (1388)، مطابقت داشت. او نشان داد که اثر دما خشک‌کن روی چروکیدگی محصول معنی‌دار نبود (شکل 3).

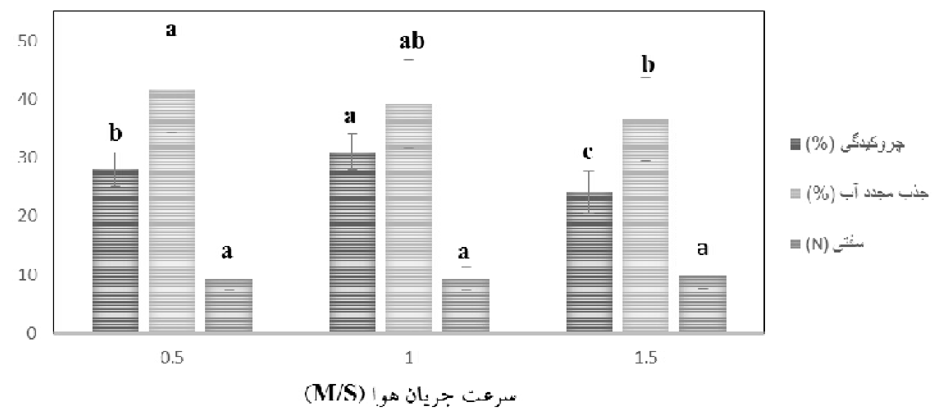
جذب مجدد آب

از تجزیه و تحلیل داده¬های به‌دست آمده نتیجه¬گیری شد که تغییر پارامترهای دما و سرعت جریان هوا اثرات معنی¬داری روی جذب مجدد آب به‌ترتیب در سطح 1% و 5% داشتند. ویژگی جذب مجدد آب محصول خشک که به‌عنوان یک معیار کیفی استفاده می¬شود، نشان¬دهنده تغییرات شیمیایی و فیزیکی در طول خشک کردن است و به‌وسیله

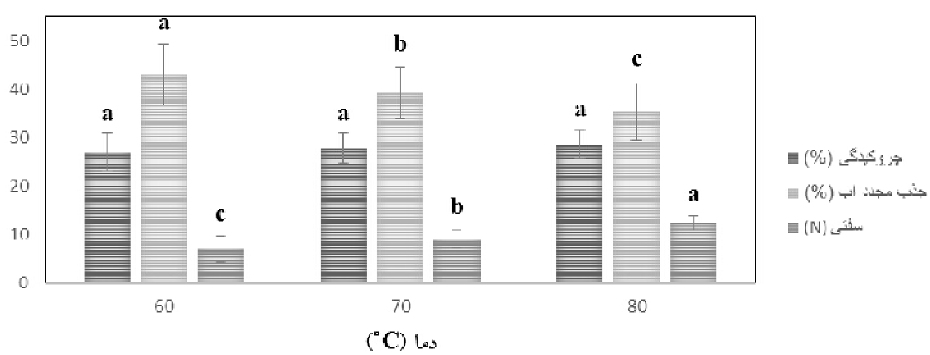
شرایط فرایند، تیمارهای اولیه نمونه و ترکیبات آن تحت تاثیر قرار می¬گیرد (سلمانی‌فرد، 1388).



شکل 1-تاثیر پوشش بر چروکیدگی (%)، جذب مجدد آب (%) و سفتی (N)



شکل 2-تاثیر سرعت جریان هوا بر چروکیدگی (%)، جذب مجدد آب (%) و سفتی (N)



شکل 3-تاثیر دما بر چروکیدگی (%)، جذب مجدد آب (%) و سفتی (N)

از نظر تئوری در صورتی که خشک کردن اثرات نامطلوبی بر ساختمان و بافت محصول نداشته باشد محصول پس از خشک کردن به همان اندازه رطوبت اولیه قبل از خشک کردن آب جذب می‌کند (ایوبی و همکاران، 1393). همچنین اثرات متقابل بین متغیرهای دما، سرعت جابه‌جایی هوا و پوشش‌دهی محصول بر روی جذب مجدد آب معنی¬دار نبود. میزان جذب مجدد آب به روش پوشش‌دهی بستگی نداشت (شکل 1). دما در میزان جذب مجدد آب تاثیر گذاشت که با افزایش دما، جذب مجدد آب کاهش یافت (شکل 3). هرقدر میزان جذب مجدد آب بیش‌تر باشد، تغییرات ساختاری کمتری در محصول رخ می¬دهد. (غلامی پرشکوهی و همکاران، 1391). بالا بودن دما یا طولانی شدن زمان خشک کردن در روش¬های متداول خشک کردن با جریان هوا می‌تواند ظرفیت بازجذب آب محصول را کاهش دهد. ظرفیت بازجذب آب، به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر ویژگی¬های بافتی محصول قرار می‌گیرد. با افزایش سرعت جریان هوا جذب مجدد آب کاهش یافت (شکل 2). بازجذب ضعیف، نتیجه فروپاشی ساختمان داخلی است. زمانی که تخریب ساختمانی در سطح سلولی حداقل باشد جذب مجدد آب فراورده حداکثر خواهد بود. کاهش ویژگی¬های هیدروفیلیک نیز منجر به کاهش توانایی جذب مجدد آب محصول می¬شود (ایوبی و همکاران، 1393). پارامتر دما، سرعت جابه¬جایی هوا و روش پوشش دهی محصول بر جذب مجدد آب موثرند (غلامی پرشکوهی و همکاران، 1389). علت این تفاوت نظریه با پژوهش حاضر را می‌توان در تغییر بافت سطحی انگور در اثر آماده¬سازی دانست.

سفتی

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که تغییرات دما اثر معنی‌داری بر سفتی در سطح 1% داشت. با مقایسه میانگین‌های انجام شده و نتایج حاصل از آن در شکل 3 و 2 می‌توان نتیجه گرفت که سفتی با افزایش درجه حرارت خشک کردن، افزایش یافت اما هیچ رابطه معنی¬داری بین سرعت جریان هوا و سفتی نمونه یافت نشد. افزایش سفتی در نمونه¬ها را می‌توان به تغییرات محتوای رطوبتی نمونه‌ها نسبت داد. این نتایج با نتایج زانتاپولوس و همکاران (2010)، زیاو و همکاران (2010) و کوشش¬صبا و سوگوار (2016)، مطابقت داشت.

pH

از تجزیه و تحلیل داده‌های به‌دست آمده نتیجه‌گیری شد که روش پوشش‌دهی، پارامترهای دما و سرعت جریان هوا اثر معنی¬داری روی pH در سطح 1% داشت. همچنین اثرات متقابل بین متغیرهای دما، سرعت جابه‌جایی هوا و پوشش بر روی pH معنی¬دار بود. تیمارهای پوشش، pH را تغییر دادند؛ به‌طوری که pH در نمونه¬های پوشش داده شده با CMC و CMC- اسید آسکوربیک کاهش یافت و تفاوت میان این دو پوشش نبود (جدول 1). در طی فرآیند حرارتی با حضور قندهای موجود در نمونه پدیده کاراملیزاسیون رخ داد که این پدیده موجب ایجاد اسیدهای آلی و کاهش pH شده است (فاطمی، 1395)؛ همچنین از آن جایی که در ترکیب پوشش خوراکی CMC- اسید آسکوربیک، اسید آسکوربیک به‌عنوان عامل اسیدی در غلظت ثابت مورد استفاده قرار گرفت، میزان pH نمونه‌های پوشش‌دار به مراتب پایین‌تر از گروه کنترل بود. سرعت جریان هوا با میزان pH رابطه عکس داشت؛ به طوری که با افزایش سرعت جریان هوا، pH کاهش پیدا کرد (جدول 1). در طی توجیه این رفتار می¬توان گفت با افزایش سرعت جریان هوا، کاراملیزاسیون و تولید اسیدهای آلی کاهش یافت و در نتیجه آن pH کاهش پیدا کرده است. دما با pH رابطه مستقیم داشت و با افزایش دما pH افزایش یافته بود (جدول 1).

آنتی‌اکسیدان

نتایج بررسی حاضر نشان داد که اثر پوشش و دما بر روی آنتی¬اکسیدان انجیر خشک در سطح 1% و اثر سرعت جریان هوا در سطح 5% معنی¬دار بود؛ ولی هیچ کدام از اثرات متقابل معنی‌دار نبود. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در پوشش CMC- اسید آسکوربیک بالاتر از نوع بدون پوشش و پوشش CMC گزارش شد. (جدول 2). از آنجایی که در ترکیب پوشش خوراکی مورد نظر اسید آسکوربیک به‌عنوان عامل آنتی‌اکسیدانی در غلظت ثابت مورد استفاده قرار گرفت، میزان اولیه فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌های پوشش‌دار به مراتب بالاتر از گروه کنترل بود. تیمارهای غوطه‌وری محتوی اسید آسکوربیک ظرفیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌ها را افزایش دادند (Robles *et al*., 2013). با افزایش دما بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌ها افزوده شد (جدول 2). چون افزایش دما موجب خشک شدن سریع‌تر نمونه¬ها گردید و پوشش به‌عنوان نگهدارنده آنتی‌اکسیدان عمل کرده و اثر دما بر روی آن را از بین برد. نتایج مطالعه حاضر با پژوهش اومس-اولیو و همکاران در بررسی پوشش خوراکی حاوی عوامل ضد قهوه¬ای شدن به‌منظور حفظ خواص آنتی‌اکسیدانی گلابی مطابقت داشت (Oms-Oliu *et al*., 2008).

فلاونوئید

نتایج نشان داد که اثرات اصلی پوشش، دما و سرعت جریان هوا بر غلظت فلاوونوئیدها معنی‌دار بوده است. اثرات متقابل پوشش-دما، پوشش- سرعت جریان هوا در سطح 1 درصد و اثر دما- سرعت جریان در سطح 5% معنی‌دار هستند. اسید آسکوربیک به‌کار رفته در پوشش CMC-اسید آسکوربیک به‌عنوان نگهدارنده فلاونوئید عمل

کرده و میزان فلاونوئید در نمونه‌ها افزایش یافت. فلاونوئید در نمونه شاهد بیش‌تر از پوشش CMC بود (جدول 3).

جدول 1- تاثیر دما، سرعت جریان هوا و پوشش بر pH انجیرهای خشک شده

دما (˚C)	سرعت جریان هوا (m/s)	پوشش		
		شاهد (بدون پوشش)	پوشش CMC	پوشش CMC-آسکوربیک اسید
60	0/5	4/81±0/03[l]	5/01±0/03[efg]	5/20±0/03[b]
60	1	4/86±0/03[jk]	5/04±0/04[e]	4/86±0/02[jk]
60	1/5	4/99±0/02[efg]	4/90±0/02[ij]	4/96±0/02[gh]
70	0/5	5/14±0/02[c]	5/04±0/04[e]	4/98±0/03[f]
70	1	4/98±0/02[fg]	5/01±0/01[ef]	4/99±0/02[fg]
70	1/5	4/96±0/02[gh]	4/86±0/03[jk]	4/66±0/02[m]
80	0/5	5/36±0/03[a]	4/83±0/03[kl]	5/15±0/03[c]
80	1	5/15±0/02[c]	4/91±0/03[i]	4/93±0/03 [hi]
80	1/5	5/09±0/02[d]	4/90± 0/02[ij]	4/81±0/02[l]

اعداد، میانگین ± انحراف معیار می‌باشند. حروف مشابه بیان‌گر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح 5 درصد است.

جدول 2- تاثیر دما، سرعت جریان هوا و پوشش بر فعالیت آنتی‌رادیکالی (٪) انجیرهای خشک شده

دما (˚C)	سرعت جریان هوا (m/s)	پوشش		
		شاهد (بدون پوشش)	پوشش CMC	پوشش CMC-آسکوربیک اسید
60	0/5	8/86±2/56[jkl]	6/42±1/37[l]	14/12±2/49[c-j]
60	1	6/58±1/40[l]	10/85±2/92[g-l]	12/86±2/79[e-k]
60	1/5	8/99±1/58[jkl]	11/26±2/00[f-l]	14/42±2/98[d-j]
70	0/5	9/52±1/54[i-l]	10/40 ± 2/80[h-l]	20/74±4/20[b-f]
70	1	12/67±1/51[e-k]	8/30±0/91[kl]	17/74±3/48[b-e]
70	1/5	13/94±2/20[d-k]	13/22±3/82[d-k]	16/91±2/67[ab]
80	0/5	14/42±2/98[c-j]	16/36±4/90[b-g]	20/02±4/35[abc]
80	1	16/26±2/25[b-g]	15/19±3/29 [b-i]	18/70±4/83[a-d]
80	1/5	15/62±2/59[b-h]	14/22±2/72[d-j]	23/70±3/56 [a]

اعداد، میانگین ± انحراف معیار می‌باشند. حروف مشابه بیان‌گر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح 5 درصد است.

جدول 3- تاثیر دما، سرعت جریان هوا و پوشش خوراکی بر فلاونوئید (mg/g) انجیرهای خشک شده

دما (˚C)	سرعت جریان هوا (m/s)	پوشش		
		شاهد (بدون پوشش)	پوشش CMC	پوشش CMC-آسکوربیک اسید
60	0/5	1/55±0/16[e-h]	1/48±0/12[f-j]	2/38±0/17[a]
60	1	1/32±0/10[i-l]	2/01±0/20[c]	2/32±0/17[ab]
60	1/5	1/64±0/11[def]	1/76±0/11[de]	2/15±0/14[bc]
70	0/5	1/49±0/08[f-i]	1/01±0/10[mn]	1/56±0/09[e-h]
70	1	1/40±0/06[g-k]	1/16±0/04[lmn]	1/59±0/11[d-g]
70	1/5	1/56±0/09[e-h]	1/20±0/12[klm]	2/04±0/14[c]
80	0/5	1/45±0/11[f-j]	0/99±0/10[n]	1/46±0/11[f-j]
80	1	1/34±0/07[h-l]	1/27±0/09[jkl]	1/47±0/13[f-j]
80	1/5	1/36±0/08[h-l]	1/36±0/09[h-l]	1/79±0/09[d]

اعداد، میانگین ± انحراف معیار می‌باشند. حروف مشابه بیان‌گر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح 5 درصد است.

بیشترین و کمترین میزان فلاونوئید (2/38 و 0/99) به‌ترتیب در دمای 60 درجه سانتی‌گراد با پوشش CMC- اسید آسکوربیک و در دمای 80 درجه سانتی‌گراد با پوشش CMC است. همان‌طور که در جدول 3 مشاهده شد افزایش سرعت جریان هوا باعث خشک شدن سریع‌تر انجیرها و حفظ فلاونوئید گردید. افزایش دما غلظت فلاونوئید را در طول خشک کردن کاهش داد (جدول 3). افزایش حرارت باعث از بین رفتن این رنگدانه پر سود شد (Sogvar., 2016 و koushesh).یافته‌ها نشان داد که استفاده ترکیبی از CMC- اسید آسکوربیک ممکن است برای حفظ کیفیت سیب‌های تازه برش خورده مفید باشد (Sogvar., 2016 و koushesh).

پارامترهای رنگی

با تغییر مقادیر *L، *a و *b تغییر رنگدانه‌های موجود در نمونه‌های غذایی اتفاق می‌افتد که می‌تواند باعث افزایش میزان BI و در نهایت افت کیفی محصول خشک شده شود. به هر میزان در برخی از محصولات مقادیر *L و*b بالا و *a پایین باشد، آن محصول از نظر شاخص کیفی رنگ مطلوب‌تر و از مقبولیت و بازارپسندی بیشتری نیز برخوردار است (طهماسبی‌پور و همکاران، 1392). یکی از علل تخریب رنگدانه‌های غذایی قرار گرفتن لایه بین سطحی نمونه غذایی در معرض حباب‌های هوا به مدت طولانی و ایجاد نواحی با دما و فشار بالا در سطح آن است (طهماسبی‌پور و همکاران، 1392).

روشنایی (*L)

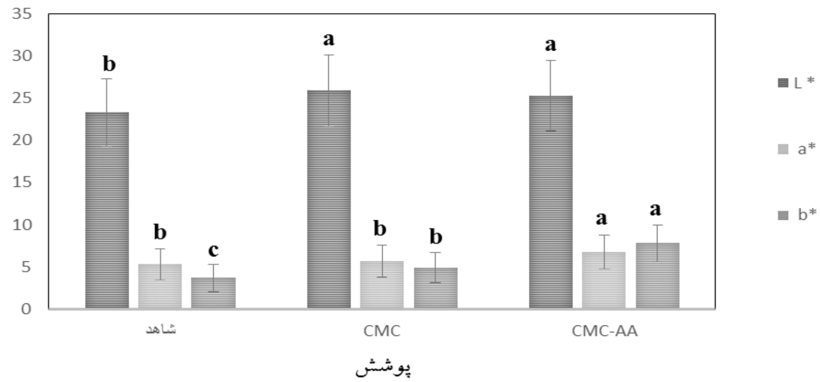
نتایج آنالیز واریانس نشان‌دهنده اثر معنی‌دار بودن پیش‌تیمار پوشش، دما و سرعت جریان هوا و اثر متقابل پوشش- دما و پوشش- سرعت جریان هوا در سطح 1% بر مولفه رنگی *L انجیر بود. استفاده از پوشش CMC به‌صورت تنها یا در ترکیب با اسید آسکوربیک نسبت به نمونه شاهد با افزایش روشنایی همراه بود (شکل 4). که علت آن، افزایش اثر جلوگیری پوشش خوراکی در طی خشک کردن انجیر است (طهماسبی‌پور و همکاران، 1392). با افزایش سرعت جریان هوا میزان روشنایی نمونه‌ها افزایش یافت (شکل 5). به علت تغییرات رطوبتی و خشکی پوشش خوراکی، رنگ ظاهری پوشش به روشنی گرایش یافت و افزایش میزان *L را موجب شد. این اتفاق در اثر کاراملیزاسیون یا پیرولیز قندهای موجود در مواد غذایی روی داد که باعث بروز رنگ قهوه‌ای در ماده غذایی شد و ترکیب رنگی حاصله همان کارامل شناخته شده بود و در صنایع غذایی به‌عنوان رنگ‌دهنده کاربرد دارد (فاطمی، 1395). به‌نظر می‌رسد که شدت واکنش کاراملیزاسیون قندهای محصول و در نتیجه میزان رنگ قهوه‌ای تولید شده بر روشنایی محصول نهایی موثر بوده است. افزایش دما کاهش میزان *L را موجب شد (شکل 6). در پی توجیه این رفتار می‌توان گفت که افزایش دما موجب ایجاد واکنش‌های قهوه‌ای شدن و کاهش میزان روشنایی نمونه‌ها شد. علت این موضوع، به میزان درجه حرارتی که مواد غذایی در معرض آن قرار می‌گیرد مربوط است. به‌طوری که این میزان حرارت باعث تجزیه کاروتنوئیدها و کلروفیل‌ها و تشکیل رنگدانه‌های قهوه‌ای در نمونه‌ها شد (ستایش مهر، 1392). نتایج به‌دست آمده مطابق با نتایج ایوبی و همکاران (1393) و طهماسبی‌پور و همکاران (1392) بود. Maskan (2001) نیز به بررسی اثر ماکروویو و هوای داغ بر روی پارامترهای رنگی کیوی پرداخت. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد هوای داغ پارامترهای رنگی را تحت تاثیر قرار داد و کاهش *L را موجب شد.

a*

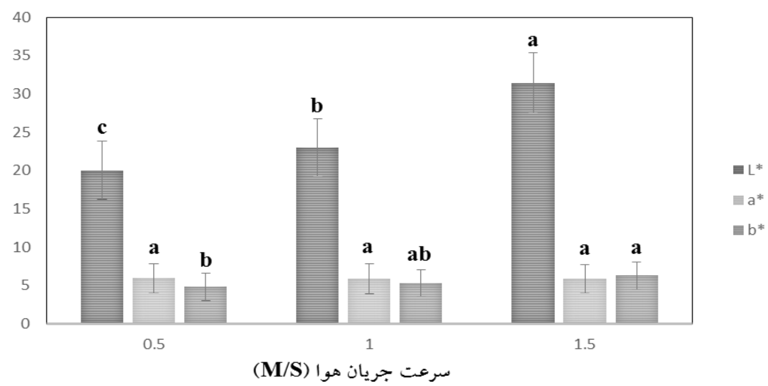
نتایج همچنین نشان داد که تیمار پوشش در سطح 5% و دما در سطح 1% به‌طور معنی‌داری بر مولفه رنگی *a (قرمزی- سبزی) تاثیر گذاشته است. از طرفی سرعت جریان هوا بر میزان *a غیرمعنی‌دار است (شکل 5). استفاده از پوشش ترکیبی CMC- اسید آسکوربیک باعث افزایش*a انجیر شد؛ ولی پوشش CMC بدون اسید آسکوربیک تاثیری روی *a نداشت. در واقع افزودن اسید آسکوربیک به پوشش CMC ایجاد قرمزی در نمونه‌ها کرد. علت این امر را می‌توان پدیده کاراملیزاسیون دانست. اسید به‌کار رفته در پوشش CMC- اسید آسکوربیک pH را کاهش داده و در اثر کاراملیزاسیون در رنگ نمونه‌ها ایجاد قرمزی کرد (فاطمی، 1395). (شکل 4). با افزایش دما میزان *a نسبت به دمای 60 درجه سانتی‌گراد بیش‌تر شد (شکل 6). افزایش دما از جمله پارامترهای اثرگذار بر کاراملیزاسیون است. با افزایش دما کاراملیزاسیون افزایش یافته و *a بیش‌تر شد (فاطمی، 1395). ماسکان (2001)، نیز به بررسی اثر ماکروویو و هوای داغ بر روی پارامترهای رنگی کیوی پرداخت. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد هوای داغ پارامترهای رنگی را تحت تاثیر قرار داد و افزایش *a را موجب شد. استفاده از اتیل اولئات به‌صورت محلول تیماری برای خشک کردن انگورها منجر به رنگ بهتری شد (مقادیر*a) (Pala., 2002 و Doymaz).

b*

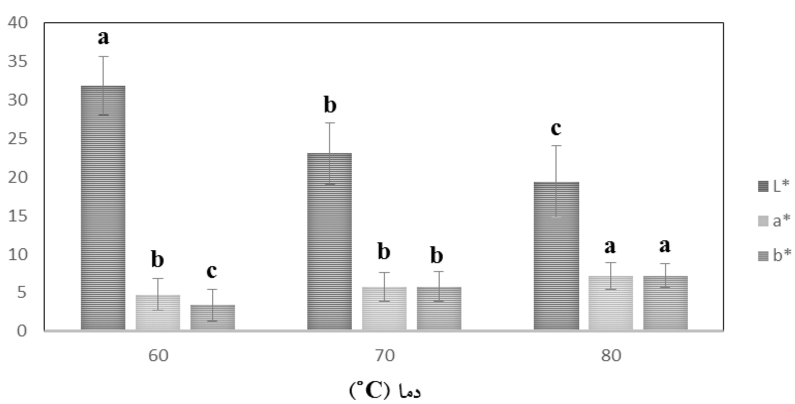
نتایج آنالیز واریانس حاکی از آن است که تاثیر تیمار پوشش و دما همچنین اثر متقابل پوشش- دما بر مولفه رنگی *b در سطح 1% و تاثیر سرعت جریان هوا و اثر متقابل دما-سرعت جریان هوا در سطح 5% معنی‌دار بود. میزان *b در نمونه پوشش داده شده با CMC-اسید آسکوربیک و CMC نسبت به نمونه شاهد بیش‌تر شده است (شکل 4).



شکل 4-تاثیر پوشش بر *a*،L و *b انجیرهای خشک شده



شکل 5-تاثیر سرعت جریان هوا بر *a*،L و *b انجیرهای خشک شده



شکل 6- تاثیر دما بر *a*،L و *b انجیرهای خشک شده

در واقع پوشش موجب حفظ رنگدانه‌ها و در نتیجه حفظ زردی در انجیرها شد. با کاهش تخریب رنگدانه‌های میوه میزان *b افزایش یافت. به‌نظر می‌رسد استفاده از پوشش خوراکی اثر ممانعتی برای تخریب زردی رنگ انجیرها ایجاد کرده است و با افزودنCMC مقادیر *b در تیمارهای مختلف افزایش یافت (طهماسبی‌پور و همکاران، 1392). یکی از فاکتورهایی که برای ارزیابی کیفیت محصولات خشک شده مورد توجه قرار دارد، رنگ این محصولات است. این شاخص کیفی متاثر از چند عامل است. از جمله عوامل اثرگذار بر شاخص کیفی رنگ می‌توان به غوطه‌ور کردن محصول در تیمارهای آماده‌سازی قبل از خشک کردن، روش‌های خشک کردن و شرایط انبارداری اشاره نمود. افزایش سرعت جریان هوا با میزان *bرابطه مستقیمی داشت (شکل 5). زیرا افزایش سرعت جریان هوا زمان خشک شدن را کاهش داد در نتیجه محصول حرارت کم‌تری دید. در نتیجه کاراملیزاسیون و بروز رنگ قهوه‌ای کمتر شده و رنگ زرد انجیر حفظ گشت (فاطمی، 1395). افزایش دمای خشک کردن باعث افزایش *b انجیر خشک شد (شکل 6). استفاده از پوشش‌دهی با افزایش زردی در کشمش همراه بود.

نتیجه‌گیری

استفاده از روش‌های مناسب خشک کردن و بهره بردن از فناوری‌های جدید می‌تواند محصولی با کیفیت بالا تولید کند. همچنین استفاده از پیش‌تیمارهایی مانند پوشش خوراکی می‌تواند کیفیت محصول خشک شده را بهبود بخشد. فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی به‌منظور افزایش کیفیت مواد غذایی، مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این تحقیق برای انجیرها، از پوشش خوراکی کربوکسی متیل‌سلولز به تنهایی و ترکیب با اسید آسکوربیک استفاده شد. تیمار پوشش، سرعت جریان هوا و دما پارامتر چروکیدگی، جذب مجدد آب، سفتی، pH، آنتی‌اکسیدان، فلاونوئید و شاخصه‌های رنگی را تحت تاثیر قرار دادند. به‌طوری که میزان چروکیدگی با استفاده از پوشش CMC 4/08 % افزایش یافت ولی میزان جذب مجدد آب به پوشش‌دهی بستگی نداشت. پوشش باعث سفتی نمونه شد. pH در نمونه‌های پوشش داده شده با CMC و CMC- اسید آسکوربیک کاهش یافت. ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در پوشش CMC- اسید آسکوربیک بالاتر از شاهد و پوشش CMC بود. میزان فلاونوئید در پوشش CMC- اسید آسکوربیک بیش‌تر از نمونه شاهد و نمونه شاهد بیش‌تر از نمونه با پوشش CMC مشاهده شد. استفاده از پوشش CMC و CMC- اسید آسکوربیک به‌ترتیب به میزان 2/61 و 1/98 با افزایش روشنایی همراه بود. پوشش ترکیبی CMC- اسید آسکوربیک باعث افزایش*a به میزان 1/44 شد. همچنین مشاهده شد، میزان *b در نمونه CMC- اسید آسکوربیک (0/20) و CMC(0/05) نسبت به نمونه شاهد بیش‌تر بوده است. نتایج حاصله نشان داد که با افزایش سرعت جریان هوا از 0/5 به 1 m/s میزان چروکیدگی افزایش و افزایش بیش‌تر تا 1/5 m/s باعث کاهش چروکیدگی شد. این در حالی است که با افزایش سرعت جریان هوا جذب مجدد آب و pH کاهش یافت. سرعت جریان هوا با آنتی‌اکسیدان، فلاونوئید و *b رابطه مستقیم داشت. با افزایش دما سفتی، pH، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، *a افزایش و جذب مجدد آب، فلاونوئید و *L کاهش یافتند.

منابع

ایوبی، ا.، صداقت، ن.، کاشانی نژاد، م.، محبی م.، نصیری محلاتی، م.، 1393، مقایسه اثر پیش‌تیمارهای غیرشیمیایی و شیمیایی بر ویژگی‌های کیفی کشمش، اولین همایش ملی میان وعده‌های غذایی، ایران، مشهد مقدس، پژوهشکده علوم و فناوری مواد غذایی، اردیبهشت ماه 93.

سازمان توسعه تجارت ایران، دفتر مقررات صادرات و واردات، 1394، مقررات صادرات و واردات و آیین‌نامه اجرایی آن، تهران، شرکت چاپ و نشر بازرگانی وابسته به موسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی، 925.

ستایش مهر، ز.،گنجعلی، ع.، 1392، بررسی اثرات تنش خشکی بر رشد و خصوصیات فیزیولوژیکی گیاه شوید، نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)، 27، 1، 35-27.

سلمانی‌فرد ص. 1388. مدل‌سازی هم دماهای جذب و دفع رطوبت پسته واریته اوحدی و بهینه‌سازی شرایط خشک کردن آن. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان.

طهماسبی‌پور، م.، دهقان‌نیا، ج.، سیدلوهریس، ص.، قنبرزاده، ب.، 1392، مدل‌سازی تغییرات رنگی طی خشک کردن انگور پیش‌تیمار شده با فراصوت و کربوکسی متیل سلولز و بررسی ویژگی‌های حسی آن، فصلنامه علوم و فناوری‌های نوین غذایی، 79-61: 4.

غلامی پرشکوهی، م.، رشیدی، م.، رنجبر، ا.، عباسی، س.، 1389، تاثیر دما، سرعت جابه جایی هوا و روش پوشش دهی بر خواص کیفی کشمش حاصله از انگور بی‌دانه سفید، مجله علوم غذایی و تغذیه، 63-54: 3.

غلامی پرشکوهی م، رشیدی م، شکری ا، میرمرادی م، محسنی ش. 1391 . اثرات به کارگیری دماهای دو مرحله‌ای در فرایند خشک کردن انگور بی‌دانه سفید بر برخی ویژگی‌های کیفی کشمش حاصل. مجله علوم غذایی و تغذیه، 18-11: 2

فاطمی، ح، 1395، شیمی مواد غذایی، شرکت سهامی انتشار، 480.

مختاری ف. 1390. بررسی خاصیت آنتی‌اکسیدانی بذر و اثر روش خشک کردن بر خواص فیزیکوشیمیایی کرفس کوهی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان.

Bai J, Alleyne V, Hagenmaier RD, Mattheis JP, Baldwin EA. 2003. Formulation of zein coatings for apples (Malus domestica Borkh)1. *Postharvest Biology and Technology*, 28(2): 259-268.

Baini, R., Langrish, TAG., 2009, Assessment of colour development in dried bananas–measurements and implications for modelling, *Journal of food engineering*, 93(2): 177-182.

Carcel, JA., García-Pérez, JV., Sanjuán, N., Mulet, A., 2010, Influence of pre-treatment and storage temperature on the evolution of the colour of dried persimmon. LWT-*Food Science and Technology*, 43(8): 1191-1196.

Carneiro-da-Cunha, MG., Cerqueira, MA., Souza, BWS., Souza, MP., Teixeira, JA., Vicente, AA., 2009, Physical properties of edible coatings and films made with a polysaccharide from *Anacardium occidentale* L, *Journal of Food Engineering*, 95(3): 379-385.

Doymaz, I., 2004, Effect of pre-treatments using potassium metabisulphide and alkaline ethyl oleate on the drying kinetics of apricots, *Biosystems Engineering*, 89(3): 281-287.

Doymaz, I., Pala, M., 2002, The effects of dipping pretreatments on air-drying rates of the seedless grapes, *Journal of Food Engineering*, 52(4): 413-417.

Hussain PR, Suradkar PP, Wani AM, Dar MA. 2015. Retention of storage quality and post-refrigeration shelf-life extension of plum (*Prunus domestica* L.) cv. Santa Rosa using combination of carboxymethyl cellulose (CMC) coating and gamma irradiation. *Radiation Physics and Chemistry*, 107: 136-148.

Koushesh Saba, M., Sogvar, OB., 2016, Combination of carboxymethyl cellulose-based coatings with calcium and ascorbic acid impacts in browning and quality of fresh-cut apples, LWT - *Food Science and Technology*, 66: 165-171.

Maskan, M., 2001, Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying, *Journal of Food Engineering*, 48: 169-175.

Mellema, M., 2003, Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods, *Trends in food science & technology*, 14(9): 364-373.

Oms-Oliu, G., Soliva-Fortuny, R., Martin-Belloso, O., 2008, Edible coatings with antibrowning agents to maintain sensory quality and antioxidant properties of fresh-cut pears, *Postharvest Biology and Technology*, 50 :87-94.

Pedro, AC., Granato, D., Rosso, ND., 2016, Extraction of anthocyanins and polyphenols from black rice (Oryza sativa L.) by modeling and assessing their reversibility and stability, *Food Chemistry*, 191: 12-20.

Robles Sánchez, RM., Rojas Graü, MA., Odriozola Serrano, I., González Aguilar, G., Martin Belloso, O., 2013, Influence of alginate-based edible coating as carrier of antibrowning agents on bioactive compounds and antioxidant activity in fresh-cut Kent mangoes, LWT - *Food Science and Technology*, 50: 240-246.

Sacilik K, Elicin AK. 2006. The thin layer drying characteristics of organic apple slices. *Journal of food engineering*, 73(3): 281-289.

Trichopoulou A., Vasilopoulou, E., Georga, K., Soukara, S., Dilis, V., 2006, Traditional foods: Why and how to sustain them. *Trends in Food Science & Technology*, 17(9): 498-504.

Xanthopoulos, G., Yanniotis, S., Lambrinos, G., 2010, Study of the drying behaviour in peeled and unpeeled whole figs, *Journal of Food Engineering*, 97(3): 419-424.

Xiao, H-W., Pang, C-L., Wang, L-H., Bai, J-W., Yang, W-X., Gao, Z-J., 2010, Drying kinetics and quality of Monukka seedless grapes dried in an air-impingement jet dryer, *Biosystems Engineering*, 105(2): 233-240.

Yaldiz O, Ertekin C, Uzun HI. 2001. Mathematical modeling of thin layer solar drying of sultana grapes. *Energy*, 26(5): 457-465.

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 15, No. 1, Apr. May. 2019, p.77- 89

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 15، شماره 1، فروردین -اردیبهشت 1398 ص. 89-77

Effect of Edible Coating and Time and Temperature of Drying on Properties of Dried Fig

P. Gholipour Shahraki[1], M. Fazel[2]*

Received: 2017.11.21
Accepted: 2018.08.13

Introduction: *Ficus carica*, commonly known as fig, is among the oldest types of fruit known to mankind. Drying is defined as a thermal process under controlled conditions in order to reduce the moisture in different types of food via evaporation. Edible films and coatings are used to enhance food quality by precluding oxidation and color changes in inappropriate conditions. Carboxymethyl cellulose (CMC) is thus widely used to improve food shelf life.

Materials and methods: All experiments were carried out on fresh edible green variety figs planted in the county of Neyriz Estahban. The figs were then immersed in the following solutions:

Distilled water as a control variable without coating; carboxy methyl cellulose (CMC) solution 1% containing 0.25 gr/L glycerol; and CMC solution 1% containing 0.25 gr/L glycerol and 2% ascorbic acid. Preliminary tests including average diameter, pH, total flavonoids content, and antioxidant activity were performed on the figs. The fruits were dried using a device designed by the authors. At 60℃, 70℃, and 80℃, the airflow in the device was 0.5 m/s, 1.0 m/s, and 1.5 m/s, respectively. After drying the samples, secondary experiments were performed which, in addition to the previous tests, included texture analysis, water reabsorption, volume measurement, shrinkage, and color analysis. A total of 27 treatments were applied in 3 rounds. A full factorial design was employed for statistical analyses while average values were compared via Duncan's test at 5% significance. Calculations were performed using SPSS 16.0.

Results & Discussion: Using CMC coating, shrinkage increased compared to the control sample. As airflow accelerates from 0.5 m/s to 1.5 m/s, higher levels of shrinkage are observed. This could be attributed to the drier surface of the fruit caused by faster airflow. Shrinkage increases with the speed of airflow going from 0.5 m/s to 1.5 m/s. This is because at higher speeds, the sample is dried in a shorter period of time and sustains less damage.

Water reabsorption was found to decrease with higher temperature and airflow. Weak reabsorption results from the breakdown of the internal structure of the fruits.

CMC-ascorbic acid, CMC, and the control sample had the highest to lowest levels of firmness, respectively. The acid was found to preserve the internal cellular structure and preserve its breakdown. Moreover, firmness increases with the drying temperature.

According to the results, the samples coated with CMC and CMC-ascorbic acid had lower pH compared to the control sample. Airflow speed and temperature are inversely and directly related to pH, respectively.

In the CMC-ascorbic acid treatment, antioxidant capacity increased compared to the other two treatments. This may be associated with ascorbic acid's higher ability to act as a carrier of anti-browning agents. Also, higher levels of antioxidant behavior were observed with higher temperature as it causes faster drying. Moreover, the coating acts to preserve the antioxidant and eliminates the impact of temperature.

The highest amount of flavonoids was observed in the CMC-ascorbic acid treatment followed by the control sample and the CMC treatment. This is because the ascorbic acid serves to maintain the flavonoids in the samples. The flavonoid content increases with the airflow speed since the sample is dried in a shorter duration and the flavonoids are preserved. However, higher temperature reduces the flavonoid content since heat damages the pigment.

The application of the CMC coating (alone or in combination with ascorbic acid) increased luminance compared to the control sample due to the preventative effect of the edible coating on the oxidation of the pigments in the fig samples. With faster airflows, surface moisture begins to vary which causes the coating to become lighter with higher L*. An increase in the temperature leads to lower L* as the heat causes the carotenoids and chlorophyll to break down and form brown pigments in the samples.

1 and 2. M.Sc. Student and Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, The islamic azad university, Isfahan (khorasgan) branch
(*Corresponding Author Email: mfazeln@yahoo.com)

Using the CMC-ascorbic acid coating increases a* in figs. Furthermore, as the temperature goes up from 60 ℃, a* also increases.

The coated samples demonstrate higher levels of b* compared to the control sample. In fact, the coating preserves the pigments and thus maintains the yellow color of the figs. The value of b* is directly related to the speed of the airflow because it decreases drying time. As a result, the product undergoes less heat. Finally, higher temperature leads to higher b* in the dried figs.

Keywords: Fig, Edible coating, Carboxy methyl cellulose, Drying